韓國環境衛生學會誌
Kor. J. Env. Hlth. Soc.
Vol.10, No.1, 33~45, 1984

土壤 및 菜蔬中의 重金屬汚染에 關한 硏究

洪思澳·朴承熹

成均館大學校 藥學大學

Studies on the Pollution of Heavy Metal in Soil and Vegetable

Sa Uk Hong · Seung Hee Park

College of Pharmacy, Sung Kyun Kwan University

ABSTRACT

In order to investigate the pollution of heavy metal in soil, chinese cabbage and radish collected from Singal interchange (highway area), Anyang stream, Jungryang stream (stream basin) and Chunchun dong, Suweon (non-polluted area), this study was carried out from July to October in 1983.

The contents of cadmium, copper, lead, and zinc were determined by atomic absorption spectrophotometry.

Generally in soil, the contents of heavy metals in highway area were lower than that in Anyang stream and Jungryang stream, but higher than that in non-polluted area. (Chunchun dong, Suweon).

The vegetable samples of highway area were more polluted compared with that of Chunchun dong, Suweon.

The contents of heavy metals in radish were higher than that of chinese cabbage and radish leaves were more polluted than roots.

Ⅰ. 緖 論

産業의 發達과 人口의 都市 集中으로 莫大한 産業廢水와 生活下水의 增加로 因하여 水質汚染이 深刻한 狀態에 이르고 있다. 이러한 廢水로 汚染된 河川 周邊의 高水敷地 土壤의 汚染도 점차 問題視되고 있다. 이와 더불어 工場의 排氣나 交通機關 等의 排氣에 의하여 排出되는 媒煙이나 粉塵 等이 大氣汚染을 誘發시키고 이들 汚染物質이 自然的으로 또는 降水 等에 의하여 沈下되어 土壤에 蓄積됨에 따라 土壤汚染이 점차 社會的인 問題로 擡頭되기 시작하고 있다.

特히 重金屬에 의한 土壤의 汚染은 長期間에 걸쳐 계속 土壤에 蓄積 殘留하게 되고 그 地域에서 栽培되는 農作物에 直接 또는 間接的으로 害를 미치게 할 뿐 아니라 나아가서는 重

金屬이 吸收된 農作物을 食用으로 한 人畜에 도 惡影響을 미치게 된다. 이와같이 食物連鎖에 의한 中毒現像은 最近에 와서 食品衛生上 매우 深刻한 問題로 注目되고 있다.

이미 日本에서는 Cd, Hg 等이 土壤, 河川 및 泥土 等에 汚染되어 여기에 棲息하는 魚類나 이 地域에서 栽培된 農作物을 食用으로 함으로써 무서운 Itaiitai病 및 Minamata病을 誘發하여 世人을 驚愕시킨 棲慘한 事件이 일어났었다. 一般的으로 土壤中에 含有된 金屬 元素의 硏究는 食物 營養學的인 見地에 主點을 두고 이루어졌으나 最近에는 環境汚染과 結付시켜 各國에서 活潑히 調査하기에 이르렀다.

美國의 Colorado州 Denver의 高速道路 周邊의 草에서 3000ppm (灰分中)의 Pb가 檢出되었다고 하며[1], Maryland의 US Highway1 周邊의 土壤 및 Baltimore - Washington Parkway의 土壤에서 最高 각각 403ppm, 122ppm의 Pb가 檢出[2]되었다고 報告한바 있다. 또한 New Jersey高速道路邊 土壤에서 平均100.6 ppm의 Pb가 檢出되어[3] 土壤中의 Pb自然含有量에 비하여 顯著하게 높은 것으로 報告된 바 있다.

最近 우리나라에서도 環境汚染과 結付시켜 土壤中의 重金屬 硏究가 進行되고 있으며 1974年 朴[4]이 全國 高速道路 土壤中의 Pb含量을 調査하여 아직은 自然含有量에 不過한 것으로 報告한 바 있다. 李等(1977[5], 1979[6], 1981[7])은 首都圈의 産業體의 密集과 人口의 集中에 따라 土壤이 重金屬으로 汚染되어 가고 있다고 報告하였다. 또한 菜蔬等에 대한 重金屬 汚染度를 檢討한 바도 있다.[8~14]

그러나 아직까지 우리나라에서는 環境汚染과 土壤汚染 또는 土壤汚染에 따른 植物의 影響에 관한 論文은 稀少하다.

따라서 今番 著者등은 新葛 高速道路 附近, 水原市 泉川洞 附近의 土壤과 安養川 및 中浪川等 汚染 河川의 高水敷地의 土壤에서 Cd, Cu, Pb, Zn의 含量을 調査하는 동시에 高速道路 및 泉川洞 附近의 土壤에 栽培되고 있는 菜蔬에서도 同一 重金屬의 分布를 調査하여 이에 報告하는 바이다.

Ⅱ. 実験材料 및 実験方法

1. 實驗材料

가. 試料 採取

汚染源으로부터의 距離와 栽培作物인 배추, 무우의 成熟時期를 考慮하여 Fig. 1의 位置에서 Table 1과 같이 4個 地點의 土壤 36件, 2個 地點의 배추, 무우 48件을 採取하였다.

나. 試料의 採取方法

Table 1. Sampling sites of soil and vegetable

Description	Sampling sites			Number of sample	Sampling date	Remark
Soil	Singal interchange	0~50m	(Site I_a)	6	83. 7. 22	highway area
		50~100m	(Site I_b)	6	〃	
		100~150m	(Site I_c)	6	〃	
	Chun chun dong, Suweon		(Site Ⅱ)	6	〃	non-polluted area
	Anyang Stream		(Site Ⅲ)	6	〃	stream basin
	Jung ryang stream		(Site Ⅳ)	6	〃	
Chinese cabbage, Radish	Singal interchange	0~50m		in each 6	83. 9. 28	highway area
		50~100m		〃 6	〃	
		100~150m		〃 6	〃	
	Chun chun dong, Suweon			〃 6	83. 9. 29	non-polluted area

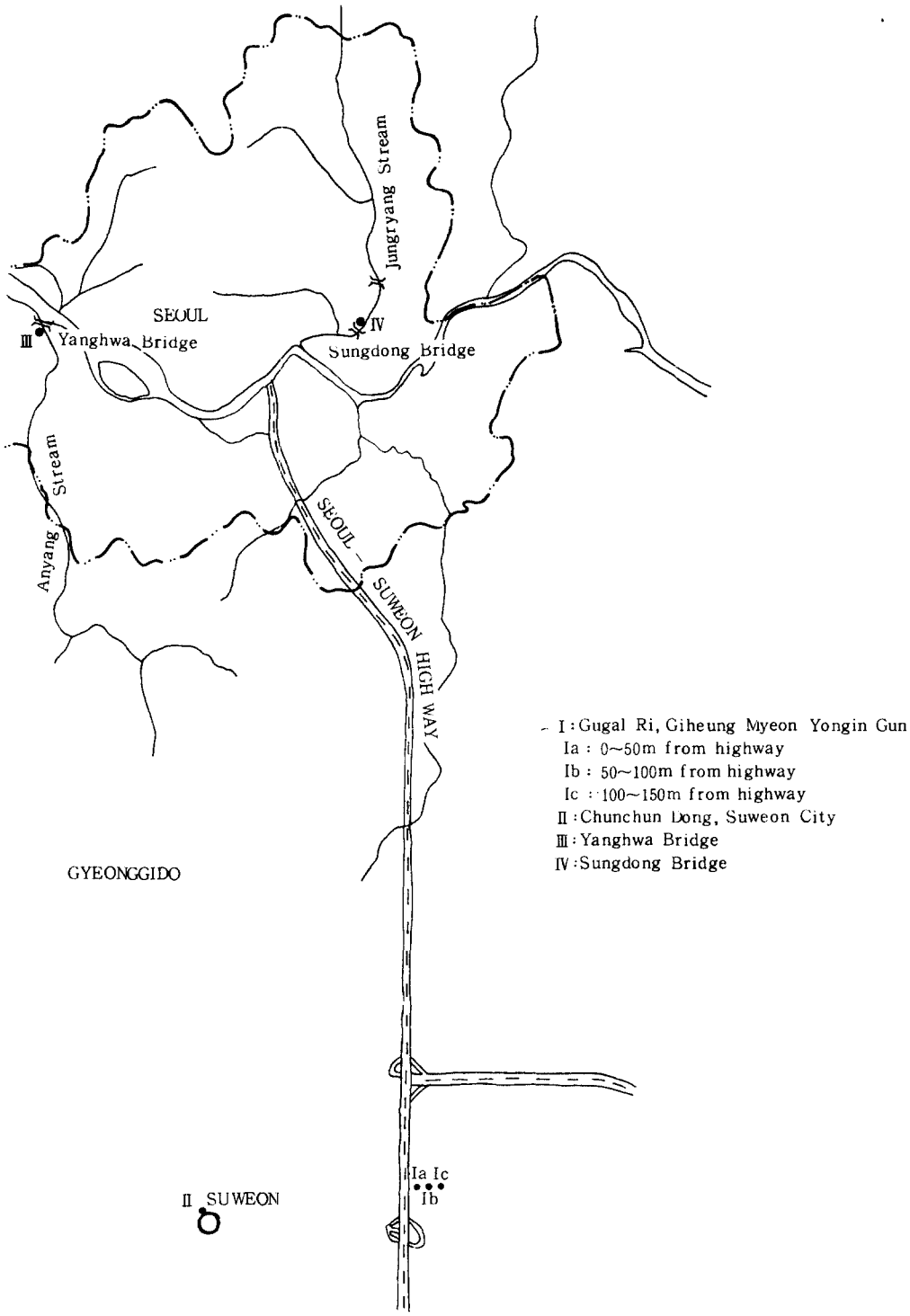

Fig. 1 Map showing the sampling sites.

1) 土壤 試料[15,16]

土壤 採取는 Fig. 1에서 보는 바와 같은 地域을 選定하여 그 地域을 代表할 수 있는 面積內에서 무작위적으로 採取點을 定하여 5~15 cm되는 깊이에서 1~2kg의 土壤을 採取하여 1주간 風乾시킨 後 2mm체를 使用하여 風乾細土로 만들고 四分法에 의하여 約 100g을 取하여 分析用 土壤 試料로 使用하였다.

2) 菜蔬 試料[15]

菜蔬도 土壤을 採取한 同一 地域에서 採取하여 배추는 外側 變質葉 및 基根을 除去하여 4等分한 것中 1個를 取하고, 무우는 뿌리와 잎으로 나누어 뿌리는 흙이 除去되도록 물로 씻은 後 皮를 除去하고, 잎은 흙을 가볍게 물로 씻고 蒸溜水로 헹군 後 물기를 닦아낸 다음, 細切하고 混化하여 分析用 菜蔬 試料로 使用하였다.

保存은 水分의 變化가 없도록 잘 密封하여 冷藏庫中에 貯藏하였다.

2. 實驗方法

가. 水分 定量

1) 土 壤[7]

風乾된 土壤 5g을 正確히 取하여 105℃에서 48時間 乾燥한 後 Desiccator에서 放冷하여 乾燥 減量을 測定하였다.

2) 菜 蔬[17]

細切 混化된 原試料 約 10g을 精密히 달아 60℃에서 2日間 乾燥한 後 105℃에서 恒量이 될때까지 乾燥하여 그 減量에 의하여 水分을 定量하였다.

各 地域別 菜蔬의 含水率은 Table 2와 같다.

나. 試料溶液의 調製

1) 土 壤[16]

乾燥量으로 10g에 該當하는 量을 精密히 달아 Kjeldahl flask에 넣고 C·H_2SO_4 1 ml, C·HNO_3 5 ml 및 70% $HClO_4$ 溶液 20 ml를 加하여 砂浴上에서 3~4時間 加熱 分解하였다.

Table 2. Moisture contents of vegetable

Sample	Sampling sites	Moisture (%)
Chinese cabbage	Site I_a	96.1
	Site I_b	95.6
	Site I_c	94.5
	Site II	93.7
Radish leaf	Site I_a	92.7
	Site I_b	92.6
	Site I_c	93.8
	Site II	93.7
Radish root	Site I_a	92.7
	Site I_b	93.3
	Site I_c	95.4
	Site II	93.6

內容物이 거의 白色~淡黃白色으로 分解가 完了된 後 放冷하고 1N-HCl 30 ml와 加熱한 蒸溜水 20 ml를 넣어 No. 5B 濾紙로 濾過하여 全量을 蒸溜水로 正確히 100 ml로 하여 試料溶液으로 하였다.

別途로 同一 操作에 따라 空試驗을 하였다.

2) 菜 蔬[18]

細切 混化된 原試料 50g을 精密히 달아 Kjeldahl flask에 넣고 C-HNO_3 40 ml를 넣어 通風室에서 徐徐히 加熱하여 赤褐色의 gas가 發生하지 않으면 C-H_2SO_4 20 ml를 넣고 加熱 分解하여 黑褐色으로 되면 C-HNO_3 5 ml씩을 넣어 加熱을 계속하였다. 液이 거의 無色~淡黃色으로 分解가 完了된 後 放冷하고 全量을 蒸溜水로 正確히 100 ml로 하여 試料溶液으로 하였다.

別途로 同一 操作에 따라 空試驗을 하였다.

다. 標準溶液의 調製[19]

各 金屬의 標準溶液은 環境汚染公定試驗法에 따라 1 ml에 0.01 mg 함유토록 조제하였다.

라. 定量 操作

各 標準溶液을 濃度別로 稀釋하여 吸光度를 測定하고 濃度와 吸光度로부터 檢量線을 作成하였다. 各 試料溶液은 吸光度를 測定하여 標準溶液의 檢量線으로부터 試料溶液中의 各 成

Table 3. Operating Conditions of Atomic absorption Spectrophotometer (Instrumentation Laboratory Inc. 505型)

(Unit : ppm)

Elements	Wave length (nm)	Lamp current (mA)	Slit width (μm)	Flame condition
Cd	228.8	3	320	air-acethylene
Cu	324.7	5	320	〃
Pb	217.0	5	320	〃
Zn	213.9	3	320	〃

分別 含量을 算出하였다.

마. 器機의 測定條件

原子吸光分析器機는 Instrumentation Laboratory Inc. 505型을 使用하였으며 flame 法으로 Table 3과 같은 條件下에서 測定하였다.

Ⅲ. 結果 및 考察

1. 土 壤

土壤中의 重金屬 含量은 Table 4에서 보는 바와 같다.

가. Cadmium (Cd)

土壤中의 Cd含量은 安養川 地域이 平均 1.11 ppm으로 가장 높았으며, 다음이 高速道路邊 50m以內 地域으로 平均 0.948ppm이었다. 비교적 오염이 덜 되어 있는 水原市 泉川洞은 平均 0.586ppm이었다.

Bowen은 土壤의 組成에서 Cd은 0.06(0.01~0.7)ppm을 나타낸다고 보고하였으며 日本의 밭 및 草地의 Cd含量은 0.28~0.55ppm으로 報告되어 있다.[20] 우리나라의 非汚染土壤中의 Cd自然含有量은 最低 0.02ppm, 最高 1.09 ppm, 平均 0.144ppm으로 報告한 바 있다.[21]

今番 調査한 地域에서 비교적 오염이 덜 되어 있는 水原市 泉川洞의 平均 0.586ppm에 비할 때 安養川과 高速道路邊 50m以內 地域의 Cd含量은 약간 높아 汚染된 것이 아닌가 思料된다.

그러나 李等[5]이 報告한 서울시 工業地域의 平均 2.84ppm, 朴[22]이 報告한 始興郡 西面 地域의 平均 2.05ppm에 비하면 낮은 分布이다. 또한 Lagerwerff等[23]은 美國의 4個 道路邊의 土壤中의 重金屬 分布를 調査하여 最高 0.9~1.82ppm의 Cd을 含有하는 것으로 報告한 바 있다.

나. Copper (Cu)

土壤中의 Cu含量은 中浪川 地域이 平均 50.6 ppm으로 가장 높았으며 다음이 安養川 地域의 平均 47.86ppm이었다. 高速道路邊 50m 以內 地域은 平均 32.18ppm으로 나타났으나 水原市 泉川洞이 平均 18.23ppm으로 가장 낮았다.

우리나라에서는 環境保全法施行令 第27條에 農水産物 栽培를 制限할 수 있는 汚染基準으로 土壤中의 Cu含量을 125ppm으로 規定하고 있다.

우리나라 非汚染 土壤의 Cu自然含有量은 15.71(2.43~47.02)ppm이며 日本의 非汚染 土壤의 Cu自然含有量은 33.84(7.0~12.0)ppm으로 報告한 바 있다.[21]

우리나라 非汚染 土壤의 Cu自然含有量과 比較할 때 水原市 泉川洞은 類似하나 安養川, 中浪川의 高水敷地 土壤은 汚染이 심한 것으로 思料되며 高速道路邊 50m 以內 地域도 어느 程度 汚染된 것으로 思料된다.

朴[22]은 始興郡 西面 地域에서 平均 23.09 ppm, 李等[6]은 工業地域의 農耕地에서 平均 328.1ppm, 李等[5]은 工業地域에서 平均 1773.01 ppm의 Cu含量을 報告하였다. 이와같이 地域

Table 4. Contents of heavy metal in soil

(Unit : ppm)

Elements \ Sampling sites		Soil					
		$I_{a\ N=6}$	$I_{b\ N=6}$	$I_{c\ N=6}$	$II_{N=6}$	$III_{N=6}$	$IV_{N=6}$
Cd	Min.	0.883	0.576	0.751	0.523	0.965	0.722
	Max.	1.084	0.808	0.855	0.657	1.25	0.856
	Mean ± S.D.	0.948±0.0758	0.66±0.0757	0.807±0.0383	0.586±0.0433	1.110±0.0928	0.778±0.0527
Cu	Min.	28.12	17.52	24.64	17.32	38.2	39.55
	Max.	34.42	22.92	27.12	21.27	55.65	64.18
	Mean ± S.D.	32.18±2.2950	20.34±1.6412	26.02±1.0955	18.23±1.5293	47.86±6.5443	50.6±7.6701
Pb	Min.	54.54	37.76	44.66	37.14	59.56	46.06
	Max.	64.6	55.5	55.1	57.52	83.68	54.66
	Mean ± S.D.	58.65±3.7428	43.44±5.8448	51.14±3.5506	46.98±6.3711	71.78±8.5006	49.68±3.4250
Zn	Min.	102.5	60.57	84.51	71.4	122.09	187.19
	Max.	112.91	85.33	92.89	106.29	152.79	298.69
	Mean ± S.D.	108.06±4.1112	70.73±7.7234	89.53±2.8447	86.81±12.2221	142.03±13.9894	244.78±40.0877

N = number of sample

에 따라 큰 差異가 있음은 産業種에 따른 差異인 것으로 思料된다.

高速道路邊 50m以內 地域은 平均 32.18 ppm으로 비교적 높았으며 50~100m 地域은 平均 20.34ppm으로 水原市 泉川洞과 비슷한 分布였으며 100~150m 地域은 平均 26.02 ppm으로 약간 높아지는 傾向을 나타내고 있다. 이것은 아마도 農藥等에 의한 汚染으로 思料된다.

다. Lead(Pb)

土壤中의 Pb含量은 安養川 地域이 平均 71.78ppm으로 가장 높았으며 다음이 高速道路邊 50m以內 地域으로 平均 58.65ppm이었다. 水原市 泉川洞 地域은 46.98ppm이었다.

우리나라 非汚染 土壤의 Pb自然含有量은 17.29(5.06~78.8)ppm이며 日本의 非汚染 土壤의 Pb自然含有量은 24.43(6.0~72.0)ppm으로 報告한 바 있다.[21]

우리나라에서는 심하게 汚染된 工業地域에서 最高 592.0ppm까지 檢出된 바 있다.[6]

1974年 朴[4]이 全國 高速道路 周邊의 土壤에서 重金屬 含量을 調査하여 高速道路 1m以內의 土壤에서 最高 110ppm, 最低 3.1ppm의 Pb가 檢出된 것으로 報告한 바 있다. 그러나 今番 調査한 新葛 Interchange부근 土壤에서는 最低 54.54ppm, 最高 64.6ppm이 檢出되어 대체로 1974年 朴의 調査에 비해 높게 나타났다. 이는 時日의 經過뿐만 아니라 交通量에 있어서 당시는 서울-水原間이 約 10,000臺/日 程度였으나 현재는 32,848臺/日(1982年) 로 3배가 넘는 交通量의 增加에 因한 것으로 思料된다.

美國의 New Jersey州內 高速道路邊에서 14~96ppm[24], Mineapolis-St. Paul 首都圈內 12番 公道에 隣接한 土壤에서 128~700ppm[25]의 Pb가 檢出된 것으로 報告한 바 있다.

Chow(1970年)[2]는 1920年에 開通되어 交通量이 2,400臺/日인 Maryland의 US Highway 1 周邊의 土壤에서 60~403ppm의 Pb가 檢出되었으며, 1954年에 開通되어 交通量이 56,000臺/日인 Baltimore-Washington Parkway土壤에서 9~122ppm의 Pb가 檢出된 것으로 報告한 바 있다. 또한 Lagerwerff等[23]은 交通量이 20,000臺/日, 48,000臺/日, 7,500臺/日, 23,000臺/日인 4個 地域에서 각각 69~522ppm, 38~540ppm, 55~242ppm, 6.1~150ppm의 Pb가 檢出되었다고 報告한 바 있다.

Motto等[3]은 交通量이 35,200臺/日인 地域에서의 Pb含量이 87.0(48~192)ppm인 것으로 報告하였는데 이는 交通量이 비슷한 新葛 Interchange부근 土壤의 Pb含量인 37.76~64.6ppm보다 높았다.

高速道路邊 50m以內의 土壤은 平均 58.65 ppm으로 비교적 높게 나타났고 50~100m 의 土壤은 平均 43.44ppm으로 낮아졌으며 100~150m의 土壤은 平均 51.14ppm으로다시 높아졌다. 이는 Cooley[27]에 의해 Maryland州 Washington의 道路邊 土壤에서 檢出된 Pb의 含量과 비슷한 傾向을 나타내고 있다.

라. Zinc(Zn)

土壤中의 Zn含量은 中浪川 地域이 244.78 ppm으로 가장 높았으며 다음이 安養川 地域으로 142.03ppm이었다. 新葛 Interchange 50以內 土壤은 108.06ppm을 나타냈다.

우리나라 및 日本의 非汚染 土壤의 Zn自然含有量은 각각 40.41(12.20~91.56)ppm, 98.55(30.0~228.0)ppm으로 보고된 바 있다.[21] 또한 Bowen은 土壤中에 50(10~300)ppm의 Zn이 함유되어 있다고 報告한 바 있다.[20]

安養川, 中浪川의 高水敷地 土壤과 高速道路邊 50以內 土壤의 Zn含量은 일반적으로 自然含有量보다 높아 약간 汚染된 것으로 思料된다.

우리나라에서는 最高 7,870.6ppm까지 報告된 바 있으며[5] 美國의 道路邊 土壤에서 8.3

Table 5. Contents of heavy metal in vegetable

(Unit : ppm)

Description	Sampling sites N=6	Cd			Cu			Pb			Zn		
		Min.	Max.	Mean ±S.D	Min.	Max.	Mean ±S.D	Min.	Max.	Mean ±S.D	Min.	Max.	Mean ±S.D
Chinese cabbage	I_a	0.021	0.1	0.075±0.0257	0.024	0.382	0.257±0.1197	trace	0.151	0.095±0.0459	0.834	2.26	1.65±0.5543
	I_b	0.022	0.072	0.051±0.0508	0.012	0.208	0.151±0.0646	ND	0.079	0.041±0.0308	1.01	2.59	1.48±0.5441
	I_c	0.024	0.047	0.033±0.0081	0.12	0.208	0.175±0.0317	ND	ND		2.54	3.74	3.56±0.7636
	II	trace	0.025	0.014±0.0077	0.063	0.163	0.107±0.0362	ND	ND		1.77	3.0	2.32±0.4274
Radish leaf	I_a	0.126	0.188	0.148±0.0209	0.464	0.609	0.523±0.0485	0.671	1.03	0.801±0.1231	7.15	9.97	8.48±0.8358
	I_b	0.099	0.127	0.109±0.0103	0.409	0.501	0.456±0.0320	0.488	0.675	0.554±0.0644	8.01	10.25	9.1 ±0.9331
	I_c	0.075	0.104	0.092±0.0119	0.308	0.412	0.361±0.0396	0.353	0.468	0.42 ±0.0460	5.86	8.7	7.07±0. 9792
	II	0.054	0.07	0.06 ±0.0052	0.181	0.29	0.246±0.0398	0.177	0.314	0.251±0.0473	4.66	9.22	6.84±1.7430
Radish root	I_a	0.075	0.139	0.092±0.0214	0.266	0.436	0.311±0.0572	0.417	0.477	0.457±0.0246	3.88	14.32	6.27±3.6923
	I_b	0.077	0.092	0.082±0.0050	0.256	0.291	0.278±0.0118	0.404	0.462	0.439±0.0364	3.46	6.59	4.6 ±1.1141
	I_c	0.061	0.079	0.075±0.0062	0.182	0.255	0.233±0.0237	0.303	0.405	0.374±0.0333	2.73	5.62	4.07±1.0084
	II	0.083	0.093	0.087±0.0036	0.284	0.43	0.338±0.0585	0.351	0.492	0.455±0.0075	4.09	9.05	6.15±1.4817

trace : ≦ 0.005ppm ND : not detected N=number of sample

~172ppm의 Zn이 檢出된 것을 報告한 바 있다.[23]

日本에서는 農業用地土壤汚染防止法에 水田土壤의 限界濃度로 200~400ppm으로 規定하고 있다.[20]

Zn은 Cu와 함께 動植物에 必須 微量金屬으로서 植物에 있어서 75ppm까지는 生育阻害가 없으나 100ppm에서 阻害가 일어나기 시작하여 225ppm以上은 顯著한 生育阻害를 볼 수 있다. 그러나 Zn이 없을 때보다는 25ppm 程度일 때 가장 生育이 좋다고 報告한 바 있다.[20]

돼지에 있어서는 28ppm에서 128ppm 으로 增加시켰을 때 錯角化症의 發生이 100%에서 0%로 減少하였고, 닭에 있어서는 飼料中에 Zn을 5ppm 에서 60ppm으로 增加시켰을때 體重이 顯著하게 增加하였음을 報告한 바 있다.[27]

2. 菜 蔬

菜蔬中의 重金屬 含量은 Table 5와 같다. 菜蔬는 일반 배추와 무우를 사용하였으며 무우는 뿌리와 잎을 分離하여 調査하였다.

가. Cadmium(Cd)

배추中의 Cd含量은 高速道路邊 50m 以內地域이 平均 0.075ppm으로 가장 높았으며 距離에 따라 減少하는 傾向을 보였으며 水原市 泉川洞보다 약간 높은 測定値를 나타냈다.

一般的으로 土壤中의 Cd含量은 배추中의 Cd含量과 완전히 比例하지는 않으나 배추中의 Cd含量에 약간의 影響을 미치는 것으로 思料된다.

우리나라에서는 環境保全法施行令 第27條에서 玄米中의 許容基準量을 1.0ppm으로 規定하고 있으며 日本에서도 玄米中의 許容基準量을 1.0ppm으로 規定하고 있다.

우리나라의 菜蔬中의 重金屬의 調査 報告에 의하면 1972年~1975年[8~10]까지는 檢出되지 않았으며 1981年 調査에서 金等[11], 李等[12], 金等[13]이 각각 배추中의 Cd含量을 0.021ppm, 0.035ppm, 0.023ppm으로 報告한 바 있다. 또한 朴等[14]은 汚物로 埋立된 난지도에서 1.0ppm(乾物中)이 檢出되었으며 기타 一般 土壤에서 栽培된 菜蔬에서는 0.5~0.6ppm(乾物中)이 檢出되었다고 報告한 바 있다.

今番 調査한 高速道路邊의 배추中의 Cd含量은 이들 報告들에 비해 약간 높은 測定値를 나타냈으며 水原市 泉川洞의 배추에서는 金等[11,13]의 報告와 비슷한 傾向을 나타내었다.

무우 잎中의 Cd含量은 高速道路邊 50m이내 地域이 0.148ppm으로 가장 높았으며 水原市 泉川洞이 0.06ppm으로 가장 낮았다.

1972年~1975年[8~10]의 報告에서는 檢出되지 않았으며 金等[11], 李等[12], 金等[13]이 1981年 무우中에서 각각 平均 0.113ppm, 平均 0.0285ppm, 平均 0.012ppm의 Cd 含量을 報告한 바 있다.

또한 朴等[14]은 무우中에 平均 0.6ppm(乾物中)의 Cd이 檢出되었다고 報告한 바 있다.

日本에서는 무우 잎에서 平均 0.03ppm, 무우 뿌리에서는 平均 0.02ppm이 檢出되었으며[28], Lagerwerff[26]는 道路邊 7m에서의 무우잎 및 뿌리에서 각각 乾物로서 4.0(3.1~5.0)ppm, 1.4(0.96~1.8)ppm 道路邊 200m거리의 무우 잎 및 뿌리에서 각각 乾物로서 3.6(2.9~4.5)ppm, 1.1(0.90~1.2)ppm의 Cd이 검출된 것으로 報告한 바 있다.

무우 뿌리에서는 대체로 高速道路邊과 水原市 泉川洞이 비슷한 測定値를 나타냈다.

대체로 무우 잎이 배추보다 높은 含量을 나타내는데 이는 무우 잎은 大氣中에 露出面積이 많고 배추는 外葉에 많이 蓄積되나 實驗時 外葉을 除去하고 內葉으로 實驗하기 때문에 大氣汚染에 의해 多量 蓄積되는 무우 잎이 높은 含量을 나타내는 것으로 思料된다. 또한 高速道路邊 무우 잎이 뿌리보다 높은 含量을 나타내는 것은 뿌리가 土壤에서 吸收하는 含量보다 大氣汚染에 의해 잎이 蓄積 吸收되는 含量이 더 많은 것에 기인하는 것으로 思料된다.

報告하였으며, 李等[12]은 平均 16.703 ppm의 높은 含量을 報告한 바 있다.

今番 調査한 배추中의 Zn含量은 高等[8], 金等[11]의 報告와 비슷한 傾向을 나타내고 있다.

무우 잎 中의 Zn含量은 高速道路邊 100~150m 地域이 9.1ppm으로 가장 높았으며 水原市 泉川洞은 6.84 ppm으로 가장 낮았다.

무우 뿌리中의 Zn含量은 高速道路邊 50m 以內 地域이 6.27 ppm으로 水原市 泉川洞과 비슷한 含量을 나타내었다.

金等[11], 李等[12]은 각각 平均 10,252ppm, 平均 8,085 ppm으로 報告하여 今番 調査한 含量보다 약간 높은 分布를 나타내었다.

Lagerwerff[26]은 道路邊 7m에서 栽倍되는 무우잎에서 平均 180ppm (乾物中), 뿌리에서 平均 96.8 ppm (乾物中)의 含量을 報告하였으며, 200m거리에서는 무우 잎에서 平均 2.3 ppm(乾物中), 뿌리에서 平均 2.5ppm (乾物中)의 낮은 含量을 報告한 바 있다.

各 重金屬別로 取採地域과 試料의 種類에 따른 比較는 Fig. 2, 3, 4, 5에서 보는 바와 같다.

土壤中의 重金屬 含量은 菜蔬보다 約 10배 程度 높은 것으로 나타나 있다. 이는 土壤에 비해 菜蔬의 重金屬 蓄積期間이 짧으며, 降水等에 의해 菜蔬의 外皮에 蓄積된 重金屬이 溶解 沈下되어 土壤으로 移行되기 때문인 것으로 思料된다.

대체로 무우 잎中의 重金屬 含量이 배추보다 높게 나타나 있다. 이는 무우 잎은 大氣中에 露出面積이 많으며 배추는 外葉에 많이 蓄積되나 外葉을 除去하고 內葉中의 重金屬 含量을 測定하였기 때문인 것으로 思料된다.

高速道路邊의 무우의 잎이 뿌리보다 높은 重金屬 含量을 나타내고 있다. 이는 뿌리가 土壤에서 吸收하는 重金屬 含量보다 大氣汚染에 의해 잎에 蓄積 吸收되는 重金屬 含量이 더 많기 때문인 것으로 思料된다.

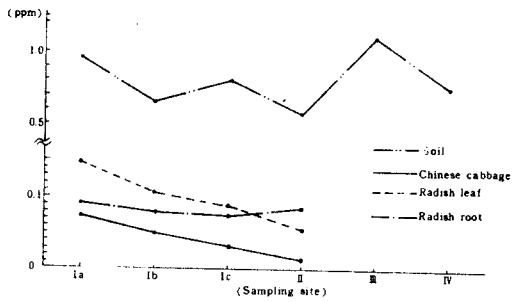

Fig 2. Cadmium contents in soil and vegetable.

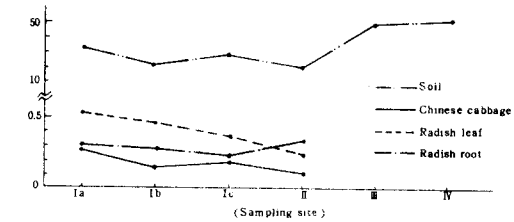

Fig 3. Copper contents in soil and vegetable.

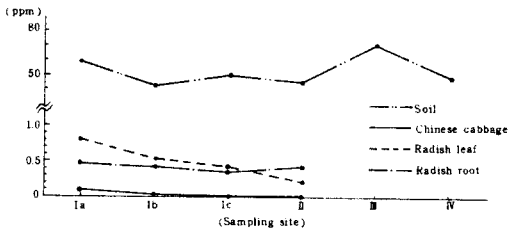

Fig 4. Lead contents in soil and vegetable.

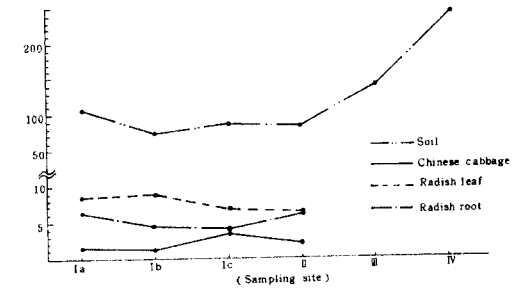

Fig 5. Zinc contents in soil and vegetable.

나. Copper (Cu)

배추中의 Cu 含量은 高速道路邊 50m 以內 地域이 平均 0.257ppm, 水原市 泉川洞이 平均 0.107ppm 으로 高速道路邊이 약간 높게 나타났다.

Canada 의 경우 野菜 및 果實類에서의 Cu 許容基準量을 50ppm 으로 規定하고 있다.[12]

우리나라의 1972~1983[8-14] 年의 菜蔬中의 重金屬에 관한 報告에서 時期와 場所에 따라 다르게 나타났으며 특히 1981年 李等[12]은 배추中에 3.926ppm, 무우中에 2.199ppm의 높은 含量을 報告한 바 있다. 今番 調査한 Cu의 含量은 이런 報告들에 비해 낮게 나타났다.

무우 잎 中의 Cu 含量은 高速道路邊 50m以內 地域이 平均 0.53ppm, 水原市 泉川洞이 平均 0.246ppm으로 高速道路邊이 약간 높게 나타났다.

무우 뿌리中의 Cu 含量은 高速道路邊 50 m 以內 地域이 平均 0.311ppm, 水原市 泉川洞이 平均 0.338ppm으로 거의 비슷한 分布를 나타냈다.

Cd 의 경우와 마찬가지로 무우 잎이 배추보다 높게 나타났으며, 무우 뿌리도 잎보다 낮으나 배추보다 대체로 높게 나타났다.

다. Lead (Pb)

배추中의 Pb 함량은 高速道路邊 50m 以內 地域으로 平均 0.095ppm으로 가장 높게 나타났으며, 高速道路邊 100~150m 地域과 水原市 泉川洞은 檢出되지 않았다.

日本의 食品衛生法上의 許容基準量은 1.5~8.0ppm이며[8] Canada의 許容量은 野菜類에서 2ppm 以下[9]로 되어 있다.

우리나라에서는 平均 0.02ppm[8,9] 에서 平均 0.852ppm[11]까지의 배추中의 Pb含量이 報告된 바 있다.

今番 調査한 高速道路邊 50m以內의 배추中의 1972年~1983年[8-14]의 報告들보다 대체로 높은 含量을 나타내고 있으나 外國의 許容基準量에 비하면 훨씬 낮은 含量을 나타내고 있다.

Warren 等[29]은 배추中에 2(0.5~3)ppm (乾物中)의 Pb가 檢出되었다고 報告한 바 있으며, Thomas 第[30]은 배추中에서 0.08 (0.01~0.51)ppm의 Pb가 檢出되었다고 報告한바 있다. 또한 Cannon 等[1]은 New York과 西部 Meryland 道路邊의 菜蔬中에서 80~115 ppm (乾物中)의 높은 含量의 Pb가 檢出되었다고 報告한 바 있다.

무우 잎의 Pb含量은 高速道路邊 50 m以內 地域에서 0.801ppm으로 가장 높았고 高速道路邊 地域이 水原市 泉川洞의 0.251ppm 보다 비교적 높은 傾向을 나타내었다.

무우 뿌리中의 Pb 含量은 高速道路邊 50m 以內 地域이 0.457ppm으로 가장 높았고 水原市 泉川洞과 비슷한 分布를 나타내었다.

우리나라에서는 무우中의 Pb 含量이 平均 0.02 ppm[9]에서 0.981ppm[11]까지 檢出되었다고 報告된 바 있다.

日本의 北海道에서는 무우 잎에서 平均 0.08 ppm, 무우 뿌리에서 平均 0.02ppm의 Pb含量을 報告한 바 있으며[28], Dedolph 等[31]은 29,000臺/日인 道路邊에서 栽培하는 무우 잎에서 4.8~16.4ppm (乾物中) 뿌리에서 平均 38.4ppm (乾物中), 200m에서는 무우 잎에서 平均 26.9ppm (乾物中) 뿌리에서 26.6ppm (乾物中)의 Pb가 檢出되었다고 報告한 바 있다.

라. Zinc (Zn)

배추中의 Zn 含量은 高速道路邊 100~150 m 地域이 3.56 ppm으로 가장 높았으며, 高速道路邊 地域이 水原市 泉川洞과 비슷한 分布를 나타내었다.

Canada 에서는 50ppm을 野菜, 果實類에서의 許容量으로 規定하고 있다.[7]

우리 나라에서는 高等[9]은 trace로 報告하였으며, 高等[8]과 金等[11]은 각각 平均 3.67 ppm, 平均 3.347 ppm 으로 비슷한 測定値를

Ⅳ. 結　論

1983년 7월에서 10월에 걸쳐 新葛 高速道路 附近, 水原市 泉川洞 附近의 土壤 및 菜蔬와 安養川, 中浪川 等 汚染 河川의 高水敷地의 土壤에서 Cd, Cu, Pb, Zn의 含量을 原子吸光法으로 측정하였다.

高速道路邊 土壤中의 重金屬 含量은 安養川, 中浪川의 高水敷地 土壤보다 비교적 낮게 나타났으나 非汚染地域인 水原市 泉川洞보다는 높게 나타났다.

高速道路邊 菜蔬中의 重金屬 含量도 水原市 泉川洞의 菜蔬中 含量보다 대체로 높게 나타났다.

무우의 잎과 뿌리 중의 重金屬 含量이 배추의 重金屬 含量보다 높게 나타났고 무우 뿌리 중의 含量은 무우 잎의 含量보다 낮게 나타났다.

參 考 文 獻

1. H.L.Cannon and J.M.Bowles : Contamination of Vegetation by Tetraethyl lead, Science, 137, 765~766(1962)
2. T.J.Chow : Lead Accumulation in Roadside Soil and Grass, Nature, 225, 295~296(1970)
3. H.L. Motto, R.H.Daines, D.M. Chilko, C.K.Motto : Lead in Soils and Plants : Its Relation-ship to Traffic Volume and Proximity to Highways, Environmental Science & Technology 4(3), 231~237(1970)
4. 朴勝熙 : 原子吸光法에 依한 高速道路邊 耕作地 土壤中의 납 含量分析에 關한 硏究, 韓國植物保護學會誌, 18(1), 43~48,(1979)
5. 李靜子, 金旻永, 韓商蓮, 金榮振, 韓仙嬉, 朴相賢 : 서울市 一圓의 土壤 汚染度 調査, 서울 保硏報 13, 153~161, (1977)
6. 李敏熙, 金旻永, 朴相賢 : 서울시 一圓의 耕作地 汚染度 調査, 서울 保硏報 15, 143~152, (1979)
7. 李圭男, 趙南俊, 李光國, 金珍坤, 蔡伶周, 吉龍煥 : 서울綜合技試硏報 17, 264~274, (1981)
8. 高仁錫, 盧晶培, 宋 哲, 權赫姬, 金吉生, 鄭國熙, 朱昌栢 : 食品中 有害性 微量金屬에 對한 硏究(第1報), 國立保健硏究院報 9, 389~406(1972)
9. 高仁錫, 盧晶培, 宋 哲, 權赫姬, 金吉生, 延圭奉, 俞炳天 : 食品中 有害性 微量金屬에 對한 연구, 國立保健硏究院報 10, 437~453, (1973)
10. 吳英根, 吳秀曕, 金乙祥, 朴弘鉉, 柳邦烈, 姜熙坤, 朴在桂 : 食品中 殘留農藥에 對한 硏究 調査(第3報), 서울保硏報 11, 21~26(1975)
11. 金明燦, 成洛癸, 沈奇煥, 李敏孝, 李在仁 : 韓國 食品科學會誌 13(4), 299~306, (1981)
12. 李光國, 趙南俊, 吉龍煥, 蔡伶周, 金珍坤, 李圭男 : 서울市 一圓의 高水敷地에서 자란 農作物 汚染度 調査, 서울綜合技試硏報 17, 252~263, (1981)
13. 金吉生, 元敬豊, 金準煥, 李達秀, 蘇酉燮, 宋 哲 : 野菜 및 果實類中의 微量金屬의 分布에 관한 硏究, 國立保健院報 18, 363~367, (1981)
14. 朴權璃, 黃善九, 金永植 : 韓國環境農學會誌, 2(1), 13~17, (1983)
15. 日本藥學會 : 衛生試驗法 註解, 東京, (1980)
16. 澁谷政夫, 小山雄生, 渡邊久男 : 重金屬 測定法 博友社.

17. 鄭東孝, 張賢基 : 最新食品分析法, 三中堂, (1982)
18. 日本分析化學會 關東支部 : 公害分析指針 7, 食品編 1-a (1972)
19. 環境廳 : 環境汚染公定試驗法, (1983)
20. 小林隆 : 土壤中 微量重金屬の天然賦存量および 毒性等にフレ乙公害と對策 11(11) 1300~1312(1976)
21. 徐胤洙, 文和會, 金仁基, 金學燁, 金盛煥, 土壤中의 重金屬 自然含有量에 관한 調査, 國立環境研究所, (1982)
22. 朴勝熙 : 원자흡광법에 의한 工業團地 (京仁, 全北) 周邊畓土壤中의 重金屬 含量分析에 관한 研究, 韓國植物保護學會誌 18 (1) 49~53, (1979)
23. J.V. Lagerwerff and A.W. Specht : Contamination of Roadside Soil and Vegetation with Cadmium, Nickel, Lead and Zinc, Environmental Science & Technology 4(7), 583~586 (1970)
24. M.J. Singer, L. Hanson : Lead Accumulation in soils near highways in the twin cities Metropolitan area, Soil Sci. Soc. Amer. Proc. 33, 152~153, (1969)
25. 森下豊昭 : 土壤の汚染, 化學工業 23, 1322~1327(1972)
26. J.V. Lagerwerff : Uptake of Cadmium, Lead and Zine by Radish from soil and air, Soil Science. 111(2), 129~133, (1971)
27. 日本化學會 編 : 環境と疾病, 丸善株式會社 (1974)
28. 杉井 孝雄, 設 泰正, 掘 義宏 : 北海道産食品の重金屬含有量 につじ乙 道衛研所報 26, 117~119, (1976)
29. H.V. Warren and R.E. Delavault : Lead in some food crops and trees, J. Sci. Food Agric. 13, 96~98(1962)
30. B. Thomas, J.A. Roughan and E.D. Watters : Lead and Cadmium Content of some Vegetable Food stuffs, J. Sci. Fd Agric. 23, 1493~1498(1972)
31. R. Dedoph, G.T. Haar, R. Holtzman and H. Lucas : Sources of Lead in Perennial Ryegrass and Radishes, Environmental Science & Technology 4(3), 217~223, (1970)